

Відгук

офіційного опонента Удалова Ігоря Валерійовича
на дисертаційну роботу **Кошлякової Тетяни Олексіївни**
на тему: «**Гідрогеохімія мікроелементів водоносних систем селітебних ландшафтів України**», подану у спеціалізовану вчену раду Д 26.203.01 науково-дослідної установи «Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАН України»,
на здобуття наукового ступеня доктора геологічних наук
за спеціальністю 04.00.02 – геохімія

Актуальність роботи. Водні ресурси є одним із важливіших активів сучасної держави. Їх відсутність унеможлиблює навіть надію на сталий розвиток. Актуальність дослідження якісного складу питних підземних вод має кілька аспектів: стратегічний – забезпечення сталого розвитку держави; безпековий – забезпечення водної безпеки України в умовах збройного конфлікту; економічний – враховуючи незадовільну якість води у поверхневих водостоках, істотні затрати на її очищення і неможливість ефективного захисту від техногенних забруднень; науковий – враховуючи світову тенденцію до переходу від існуючої системи оцінки якості питної води за принципом «відповідає – не відповідає» до можливості встановлення екологічного стану джерел питного водопостачання, їх характеристики з врахуванням можливих шкідливих ефектів для здоров'я людини. Тому дослідження особливостей поширення есенційних мікроелементів у питних підземних водах основних водоносних систем України є нагальним і актуальним не тільки в сучасних умовах, а і на етапі відновлення.

Представляється своєчасним і актуальним як тема дисертаційного дослідження, так і формулювання його мети: визначення закономірностей розподілу мікроелементів (Pb, Mo, Cu, Zn, Li, V, Mn, Co, Ni, Cd, Sr, Ba, Cr, F, As, Ti, Sb, Al) у питних підземних водах основних водоносних систем України як основу еколого-біогеохімічного районування території держави, а також оцінка ризиків для здоров'я місцевого населення.

Для досягнення цієї мети послідовно визначені завдання дисертаційної роботи:

- від розгляду сучасного стану питних вод з позицій медичної мікроелементології, зокрема підземних вод до пропонування принципів еколого-біогеохімічного районування території України на основі сучасного екологічного, геохімічного та медико-гідрогеологічного районування;

- від виділення підземних водоносних систем України для подальшого дослідження на основі еколого-біогеохімічного районування, площі території, щільності населення, забезпеченості питними підземними водами та наявності у дослідника інформації, до виявлення особливостей поширення мікроелементів, зокрема есенційних, у питних підземних водах виділених підземних водоносних систем України на основі наявних наукових публікацій, фондової інформації та власних даних лабораторних аналізів; запропоновано для таких водоносних систем орієнтовні фонові концентрації мікроелементів, зокрема есенційних;

- також на прикладі мангану дослідити форми міграції есенційних елементів у питних підземних водах та оцінити відповідні ризики для здоров'я населення на території виділених підземних водоносних систем України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційну роботу виконано у відділі геохімії техногенних металів та аналітичної хімії Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАН України. Більшість результатів отримано при виконанні науково-дослідних держбюджетних тем: № 0117U002209 «Трансформація сполук важких металів у компонентах довкілля урбанізованих територій України»,

№ 0118U003167 «Геохімія есенціальних елементів в природних і техногенних ландшафтах лісостепової зони України як основа біогеохімічного районування», № 0122U001573 «Розробка наукових засад комплексної еколого-геохімічної оцінки техногенно забруднених територій» та № 0123U100510 «Гідрогеохімія мікроелементів селітебних ландшафтів України як основа раціонального природокористування».

Загальна характеристика дисертаційної роботи.

Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел (239 найменувань літератури) і одного додатку, має 51 рисунок і 38 таблиць. Загальний обсяг роботи – 337 сторінок.

Зміст дисертаційної роботи та стиль її виконання відповідають вимогам до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора геологічних наук за спеціальністю 04.00.02 – «Геохімія».

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми, зв'язок дисертації з науковими програмами, сформульовано мету, об'єкт і завдання дослідження, відображено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів дисертаційної роботи, їхнє впровадження та особистий внесок автора.

У першому розділі *«Сучасний стан водних ресурсів та підходи до гідрогеологічного та гідрогеохімічного районування території України»* наведено стан та перспективи використання водних ресурсів України та систематизовано загальні відомості про них, наведено характеристику гідрогеологічних регіонів нашої країни згідно сучасного районування та надано регіональну гідрогеохімічну специфікацію території. Авторка наголошує, що в роботі розглядаються переважно природні чинники формування як хімічного, так і мікроелементного складу підземних вод. Однак признає і суттєву роль техногенезу у цих процесах.

Наголошується, що одним із лімітуючих факторів споживання водних ресурсів є їх якість. Обмежує використання підземних вод їх висока мінералізація. Характеризуючи водоносні системи першого порядку, особливу увагу авторка приділяє гідрогеохімічним умовам і біогідрогеохімічним показникам, які в подальшому використовує для районування.

В цьому розділі дисертації робиться ряд узагальнень: хімічний склад підземних вод формується у результаті процесів, що відбуваються одночасно: змішування з рештками метаморфізованих і розбавлення давніх вод, глибше вилуження солей із водовмісних порід, обмінні реакції, особливо за участю газових компонентів, радіоактивного розпаду, підземного випаровування.

Слід відмітити, що розглядаючи неотектонічний фактор у процесах геохімічної міграції хімічних елементів та їх сполук між водоносними горизонтами та комплексами в першому розділі, авторка майже не використовує його в подальшому в роботі.

До того ж на сторінці 48 роботи авторка наводить дані порівнюючи споживання води в Україні та країнах ЄС (275 на 100-200 літрів на добу на 1 людину); в таких містах як Харків – 475 л, Київ – 410-450 л на добу на одну людину. Об'єм втрат води при транспортуванні оцінюється у 2,0 км³ на рік, а це більше ніж третина. Втрати води у системах водопостачання, що забезпечують питні та господарсько-побутові потреби населення, становили у 2017 р. 748,05 млн. м³ води або 35,78 % від забраної; об'єм стічних вод, що надходить у поверхневі водні об'єкти України перевищує 5 км³, що становить 10,7 % ресурсів поверхневого водного стоку, який формується на території України. Цифри свідчать про суттєвий вплив техногенезу як фактору додаткового живлення підземних вод в міських агломераціях. В подальшій роботі ці дані не використовуються ні в узагальненнях, ні в розрахунках.

Слід відмітити, що в першому розділі детально розглянуті фізико-хімічні та геолого-гідрогеологічні характеристики підземних вод в природних умовах. На сьогодні цей підхід має ознаки «ідеальних» умов. Недостатність уваги до техногенної складової живлення підземних вод міських агломерацій унеможливує в подальшому встановлення причинно-наслідкових зв'язків, що, в свою чергу, не дає можливості більш детально описати процеси надходження мікроелементів, їх міграцію, концентрації та ін., що могло суттєво посилити цей розділ і бути корисним в наступних.

У другому розділі *«Наукові засади медичної мікроелементології та підземні води»* наведено детальний огляд вітчизняної та закордонної літератури щодо екологічної оцінки мікроелементного складу компонентів НПС на досліджуваній території. В роботі розглянуто особливості присутності мікроелементів в природних водах, їх біологічну роль і вплив на здоров'я людини.

Авторка справедливо наголошує, що використання моделі BLM дає

змогу наблизити оцінку ступеня забруднення потенційно токсичними елементами до реальних умов з урахуванням їх біодоступності, форм знаходження та токсикологічних властивостей. Але недоліком є те, що ці моделі направлені на оцінку впливу лише одного елемента. Враховуючи постійне збільшення обсягів надходження до навколишнього природного середовища (НПС) широкого кола елементів як природного, так і техногенного походження, виникає потреба у розробці методів комплексної оцінки екологічних ризиків.

Розділ є перевантаженим інформацією із літературних джерел. Інформація різнопланова, хоча і має певну структуру, але в результаті не дає змоги зробити раціональне комплексування за напрямками майбутніх досліджень.

Авторка констатує певні узагальнення без змістовного аналізу. Обґрунтування та використання цих узагальнень вона пропонує більш детально розглянути в наступних розділах. Наведена в розділі інформація оцінюється як підґрунтя для наступних досліджень. В роботі можна виділити кілька напрямів, які, на мою думку, можна вважати обґрунтованими:

- блок аналітичних досліджень, що включає в себе визначення вмісту мікроелементів у воді за допомогою високоточних лабораторних методів аналізу – ICP-MS; розрахунок форм міграції мікроелементів у воді за допомогою методу термодинамічного моделювання; виявлення концентрацій есенційних елементів у воді за допомогою критерію БЗК;
- базові узагальнення щодо класифікації елементів та їх нормування з подальшим науковим обґрунтуванням критеріїв та параметрів моніторингу мікроелементів.

Недостатньо обґрунтованими вважаю узагальнення дисертанта щодо визначення потенційних ризиків для здоров'я людини у зв'язку із вживанням води незбалансованої за вмістом мікроелементів.

Необґрунтованим напрямом є розробка нових принципів еколого-біогеохімічного районування території України з позицій медичної мікроелементології з окресленням кола потенційних ендемічних захворювань.

У третьому розділі «*Еколого-гідрогеохімічні особливості поширення мікроелементів в умовно чистих та антропогенно порушених селітебних ландшафтах України*» присвячено вивченню особливостей мікроелементного складу питних підземних вод Дніпровсько-Донецької водоносної системи (ВС), ВС Українського щита та Причорноморської ВС. Порівняльний аналіз поверхневих (на прикладі озер Сонячне, Вирлиця та Нижній Тельбін) та підземних вод (приповерхневі та бюветні води) м. Києва дозволив виявити ряд гідрохімічних особливостей. Авторка робить припущення, що існує взаємодоповнюючий вплив природних та техногенних факторів, які впливають на вміст мікроелементів у глибинних водоносних горизонтах Дніпровсько-Донецької ВС. До природних чинників вона відносить літологічний склад водовміщуючої товщі, а саме наявність лінз бурого вугілля у байоському водоносному горизонті. До техногенних факторів – забруднення ґрунтів важкими металами, виклинування перекриваючих водотривких шарів уздовж р. Дніпро, інверсію гідродинамічного потоку підземних вод, приурочених до локальних депресійних лійок у сеноман-келовейському водоносному комплексі.

Для ВС Українського щита досліджувалась динаміка зміни мікроелементного складу питних підземних вод на прикладі Коростишівського району Житомирської області. В роботі робиться висновок, що досліджені підземні води тріщинуватих кристалічних порід Українського щита з різних областей України мають подібний мікроелементний склад та перевищень ГДК за потенційно токсичними важкими металами (Ni, Cd, Pb) не було зафіксовано, а тому пов'язані з ними ризики для місцевого населення відсутні.

Дослідження ґрунтових вод Саксагансько-Сурського рудного району Дніпропетровської області, дозволило виявити підвищені у порівнянні з фоновими величинами показники мінералізації, загальної жорсткості, концентрацій кальцію, нікелю, плюмбуму та сульфатів. Причому на це впливають не техногенні фактори, а природні умови території дослідження.

Досліджено поверхневі та підземні води, поширені в межах південної ділянки Балахівського родовища графіту. У поверхневих водах зафіксоване

перевищення допустимих значень за Ca, Mg, SO₄, Na та K, у підземних – за Ca, SO₄, мінералізацією, Na, K та Mn. За величиною БЗК зафіксовано нестачу у підземних водах таких елементів, як V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Cd та Pb.

Проведено еколого-геохімічне дослідження Херсонського родовища підземних вод за даними тривалих спостережень у довоєнні часи. Виявлено високу позитивну кореляцію між величиною цього показника та перманганатною окиснюваністю, а також високу негативну кореляцію між водовідбором та вмістом фтору. Виявлено, що у довоєнний час відбулися зміни у загальному хімічному складі підземних вод – у катіонному складі відбувся перехід від кальцієво-магнієвого до натрієво-калієвого, у аніонному – від хлоридно-гідрокарбонатного до гідрокарбонатно-хлоридного.

До розділу є наступні зауваження. Схематичність врахування відмінностей гідрогеоміграційних параметрів зон активного та уповільненого водообміну у регіональних гідрогеологічних системах України та їх впливу на формування джерел мікро-гідрогеохімічного складу підземних вод в межах Дніпровсько-Донецької, Причорноморської ВС та ВС Українського щита з обмеженим розвитком поверхової системи водоносних горизонтів.

Використання параметрів ГДК для оцінки екологічного стану поверхневих водойм в межах Київської промислово-міської агломерації (оз. Тельбін, Сонячне та ін.), враховуючи стабільне забруднення їх поверхневого стоку, донних відкладів та стоку ґрунтового водоносного горизонту, на мою думку, вимагає більш повного врахування змін гідрометеорологічних параметрів в останні роки в межах озерних водозборів.

Заслугує на зауваження дослідження мікроелементного складу бюветних вод м. Києва за умови не врахування суттєвого зменшення в останні роки (до 6-8 разів) підземного водовідбору та скорочення регіональної депресії і активізації висхідних потоків із сеноман-келовейського та байського водоносних горизонтів у напрямку до бучакського водоносного горизонту, що є регіональним фактором порушення логнормального закону розподілу концентрацій макро- та мікроелементів у свердловинах досліджених бюветів (рис.3, табл. 2, стор.16).

Водоносні горизонти тріщинуватої зони кристалічних порід в межах Житомирської і Вінницької областей розповсюджені у зонах з відмінним петрографічним складом та різною величиною (орієнтовно, до 1,5 - 2-х разів) інфільтраційного живлення; у зв'язку з цим для оцінки відмінностей екологічних параметрів мікро-гідрогеохімічного складу підземних вод цих регіонів, на мій погляд, доцільно було виконати співставлення параметрів ДСТУ 4808:2007, ДСТУ 7525:2014 та БЗК (біологічно значимі концентрації за методикою Барвиша М.В. та Шварца О.А., 2000).

Дослідження змін розподілу мінералізації, жорсткості, сульфатів та хлоридів у ґрунтових водах лесових суглинків (стор. 24, рис. 6) практично не корелюється з даними їх мікроелементного складу, що може бути свідченням переважання впливу мінливості літологічного складу вміщуючих порід (наявність розчинних сполук гіпсу, ангідриту та ін.).

Викликає зауваження дуже схематичний аналіз впливу будівництва Каховського водосховища, що призвело до підпору стоку експлуатаційного верхньо-сарматського водоносного горизонту на відстань до 60-70 км від русла р. Дніпро та інтрузії його вод до водозабірних свердловин у східній частині Причорноморського артезіанського басейну.

Крім того, більшість розділяючих слабопроникних шарів у цієї частині Причорноморського артезіанського басейну мають невитриманий характер, що обумовлює масштабні зміни режиму геоміграції макро- та мікроелементів при змінах водовідбору та внаслідок руйнування Каховської ГЕС та зворотного дренажу водоносних горизонтів.

В четвертому розділі роботи «Наукові засади еколого-біогеохімічного районування території України» приведено результати аналізу сучасних принципів та підходів медичної мікроелементології в Україні і в світі при районування території. У зв'язку з невизначеністю питання фонового вмісту мікроелементів в питних підземних водах авторка пропонує використовувати їх медіанні значення.

Наголошується, що рівень вмісту біологічно активних мікроелементів у водному середовищі є важливим фактором загального біогеохімічного

благополуччя. При цьому оцінити реальну небезпеку для здоров'я людини, враховуючи непрямі причинно-наслідкові зв'язки та обмеження викликані використанням тривіальних підходів, неможливо. Використовуючи досвід українських та світових вчених авторка для рішення поставлених в дослідженні завдань використовує метод оцінки не канцерогенного ризику безпороговим методом. Перевагою його є визначення ймовірності розвитку неспецифічних токсичних ефектів при хронічній інтоксикації.

Наступною складовою цього розділу є наведення авторкою сучасних та актуальних прийомів та підходів до виділення біогеохімічних провінцій. Складність в науковому обґрунтування обраного в дослідженні підходу полягає у наступній залежності: всі есенційні елементи споживаються з НПС організмами, незалежно від їх концентрації і в певних співвідношеннях і накопичуються організмами пропорційно їх концентрації в НПС.

Є зауваження до розділу 4. Загальним зауваженням для цього розділу є відсутність причинно-наслідкових зв'язків в використанні медіанних значень вибірок та оцінки не канцерогенного ризику безпороговим методом з одного боку та біогідрогеохімічним районуванням території України з іншого.

Ґрунтуючись на детальній та розголосій систематизації авторкою вітчизняних та закордонних публікацій щодо сучасних принципів еколого-біогеохімічного районування в якості побажання хотілося більш чіткого відокремлення власного підходу та принципів виконаного біогідрогеохімічного районування території України, від літературного підґрунтя.

У п'ятому розділі роботи *«Розрахунок форм міграції хімічних елементів у природних водних розчинах»* авторка наводить сучасні підходи до визначення хімічного стану підземних вод. Вона стверджує, що сучасні уявлення про міграцію хімічних елементів базуються на термодинамічному моделюванні. Розгорнутий аналіз методів дозволяє констатувати, що підґрунтям моделювання гідрогеохімічних явищ на підставі методів термодинаміки є положення про існування часткової або локальної рівноваги у гідрохімічній системі. Враховуючи базові положення методики фізико-хімічних

розрахунків комплексоутворення дисертантка переходить до математичного моделювання досліджуваних процесів за допомогою програми GEMs v.3.2.

Друга частина розділу присвячена дослідженню форм міграції мангану у підземних водах умовно чистих та техногенно забруднених територій України, враховуючи його медикобіологічні і токсикологічні властивості. Аналіз наявних матеріалів доводить, що міграція мангану у поверхневих водах відбувається здебільшого у формі завислих речовин. Щодо підземних вод існують два варіанти існування природного мангану: або за умов низьких темпів водообміну у безкисневих умовах, тобто здебільшого у глибоких міжпластових водоносних горизонтах; або у ґрунтових водах, у відкладах збагачених органікою. Ключовими факторами контролюючими наявність мангану є водневий показник рН та окисно-відновний потенціал Eh.

Загальним зауваженням є довідковий характер формулювань у висновках 1 і 2 до цього розділу. Вони не відображають матеріал представлений в розділах. Автор наголошує, що «...Фізико-хімічні розрахунки за допомогою методу математичного моделювання відіграють роль орієнтира при гідрогеологічних дослідженнях, їх результати можуть бути використані для приблизної оцінки та ймовірного прогнозування реальних геохімічних процесів». Незрозуміло, яким чином цей результат буде використаний при прогнозуванні реальних геохімічних процесів.

На думку опонента розділ 5.3 доцільно було б перенести в розділ 4, тому що виділення критеріїв при виконанні еколого-біогеохімічного районування території України, яке є результатом цього розділу, логічно використати саме там.

Додатки до дисертації підтверджують теоретичні дослідження і доповнюють основний зміст роботи дисертанта.

Висновки в цілому розкривають основні наукові досягнення автора та відповідають змісту роботи. У висновках дисертаційної роботи узагальнені основні результати проведених досліджень, які детально розкриті в основному тексті дисертації.

Зауваження до дисертаційної роботи:

1. В дисертаційному дослідженні авторка не завжди дотримується використання сучасної номенклатури: залізо замість ферум, свинець замість плумбум і т.д.

2. У дисертаційному дослідженні та рефераті авторка припускається повторів (наприклад стор. 7 та стор. 9 реферату).

3. У тексті дисертації є неузгодженості. В тексті розглядаються три водоносні системи, а на рис. 1 реферату сторінка 8 наведено чотири.

Наукова новизна роботи полягає в наступних блоках:

- вперше оцінено гідрогеохімічний стан питних підземних вод основних водоносних систем України з позицій медичної мікроелементології та виявлені фонові концентрації есенційних елементів з урахуванням антропогенного впливу;

- вперше для умовно чистих та техногенно забруднених територій України за допомогою аналітичних методів та термодинамічного моделювання із застосуванням логарифмів термодинамічних констант стійкості комплексних сполук визначено форми міграції мангану;

- вперше для територій основних водоносних систем України виконана оцінка не канцерогенного ризику вживання досліджених вод для здоров'я населення за безпороговим методом за такими мікроелементами як Мо, Сu, Zn, Pb, F та Mn;

- ґрунтуючись на отриманих даних щодо закономірностей розподілу мікроелементів у питних підземних водах основних водоносних систем України запропоновано нові принципи еколого-біогеохімічного районування з позицій медичної мікроелементології.

Оцінка обґрунтованості, достовірності та новизни наукових положень, висновків та рекомендацій. Методика досліджень.

В роботі був застосований широкий спектр лабораторних досліджень відібраних проб води: потенціометричний, фотометричний, титриметричний та гравіметричний аналіз, аналітичні дослідження з визначення форм міграції

мангану у питних підземних водах, метод мас-спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою (ICP-MS).

Під час виконання дослідження було використано системно-аналітичний, статистичний та картографічний методи досліджень. Також було виконано розрахунок форм міграції мангану у воді за допомогою термодинамічного моделювання (спеціалізований програмний комплекс Hydra&Medusa).

Суттєвих зауважень щодо оформлення дисертації немає.

Реферат в повній мірі відображає основні положення та зміст дисертації.

Повнота викладу результатів в опублікованих працях.

Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 52 друкованих працях, з яких: 1 розділ у колективній монографії, 2 статті у закордонних рецензованих виданнях геолого-природничого профілю, у тому числі – одна стаття у виданні, віднесеного до третього квартилю (Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal, 12 робіт у фахових виданнях, що індексуються в міжнародних наукових базах даних Scopus та Web of Science, 6 статей у наукових фахових виданнях України за спеціальністю, затверджених МОН, 28 тез і матеріалів наукових конференцій, посилання на які містяться в дисертації.

Наукові положення, висновки і рекомендації, сформульовані в дисертації, повністю викладені в опублікованих роботах здобувача. Апробація роботи виконана в достатній мірі шляхом участі в конференціях і семінарах різного рівня.

Шляхи використання результатів досліджень.

Практичне значення одержаних результатів викладено в наступних блоках:

- отримані при виконанні роботи результати у подальшому можуть слугувати основою для розробки системи еколого-гідрогеохімічного моніторингу техногенно забруднених територій. Реалізація такого моніторингу буде важливим кроком для досягнення нетоксичного середовища у рамках участі України у програмі захисту навколишнього природного середовища

(далі за текстом – НПС) LIFE, до якої наша держава приєдналася, набувши статус кандидата на членство у Європейському Союзі. Отримані висновки можуть стати основою для оцінки техногенної трансформації хімічного складу питних підземних вод обстежених регіонів в умовах збройної агресії рф. Результати дослідження можуть бути використані господарюючими суб'єктами, управлінськими та природоохоронними організаціями при екологічній оцінці компонентів НПС територій України, що зазнають техногенного навантаження;

- результати дисертаційної роботи використані при виконанні здобувачем науково-дослідних робіт під час роботи у відділі геохімії техногенних металів та аналітичної хімії Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка Національна академія наук України. Результати використовуються в освітньому процесі при викладанні на кафедрі гідрогеології та інженерної геології Науково-навчального інституту «Інститут геології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка (підтверджено відповідним актом впровадження).

Рішення.

Приймаючи вищенаведене до уваги, а також враховуючи актуальність, новизну та цінність отриманих даних, можна зробити висновок, що дисертаційна робота **Кошлякової Тетяни Олексіївни «Гідрогеохімія мікроелементів водоносних систем селітебних ландшафтів України»**, відповідає вимогам пп. 7 - 9 затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 р. № 1197 зі змінами, внесеними згідно з Постановами Кабінету Міністрів України № 502 від 19.05.20238 р. та № 507 від 03.05.2024 р., а її авторка заслуговує на присудження наукового ступеня доктора геологічних наук за спеціальністю 04.00.02 – «Геохімія».

Професор кафедри фундаментальної та прикладної геології факультету геології, географії, рекреації і туризму Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна,
доктор геологічних наук, професор

підпис засвідчує
Начальник відділу
кадрів



Дор. ДУЛОВ